

ISSUE PAPER 2014-17

# 스마트 시대의 물 산업 생태계 조망과 시사점

전승수, 허종완, 손홍민

I. 작성배경 .....	3
II. 환경변화와 물 패러다임 .....	5
III. 물 산업 정책 및 기술 동향 .....	13
IV. 스마트 물 관리 생태계 .....	26
V. 결론 및 시사점 .....	37





## 발간사



바야흐로 전 지구적인 물 위기 시대다. 지구 온난화와 기후 변화로 인한 환경재난이 빈번해지고, 인구 증가와 산업 활동 확대가 그 주된 원인이다. 이미 2002년 「유엔경제사회문화권익위원회」에서는 ‘물 인권’을 명시하고, 2010년 「유엔인권이사회」에서도 ‘안전한 물과 위생’의 보장을 결의한 바 있다.

‘물’은 국가 간, 사회 구성원 간 분쟁의 원인이 되기도 하며 물 자체가 생산재이자 산업·경제 활동의 인프라가 된다. 최근 이러한 ‘물 산업’이 과학기술 중심의 새로운 성장동력으로 부상하고 있다. ‘물’ 수요의 증가와 그 산업적 활용가치가 확장되면서 반도체와 조선시장을 뛰어 넘는 미래의 블루골드(Blue gold)로 인식되고 있는 것이다. 2010년 약 4,828억 달러 규모였던 세계 물 시장은 2025년 8,650억 달러 규모로 성장할 것으로 예상되고 있다. 또한 수자원 인프라는 2030년까지 전체 인프라 시장의 절반이상을 차지할 것이라는 예측도 있다.

주요 선진국은 물 위기 대응 정책을 수립하고, IT 기반의 스마트 기술 적용과 관련된 연구 개발에 주력하고 있다. 물 산업은 생태계가 크고 기술 수용성이 높으며 기술간 융합이 용이하다. 최근 세계 물 시장이 민간 주도로 개방·확장되고 기술 융합 산업으로 성장하는 점을 고려할 때, 우리나라도 차별화된 물 산업 정책과 통합적인 연구개발 계획 마련이 시급하다.

본 이슈페이퍼는 스마트 시대의 물 산업 생태계를 조망하고 시사점을 제시해 향후 과학 기술 정책 및 연구개발 전략 수립을 지원하고자 한다.

끝으로 본 이슈페이퍼의 내용은 필자의 개인적인 견해이며, KISTEP의 공식적인 의견이 아님을 밝힌다.

2014년 12월

한국과학기술기획평가원 원장 박 영 아



## I . 작성배경

- ◆ ‘물’은 만물의기원으로 인류의 생존과 국가의 안전에 필수 요소이자 인간의 행복과 삶의 질을 좌우하는 한편, 새로운 성장 동력 산업으로 인식
  - ◆ ‘물’은 인류 역사에서 가장 가치 있는 자원으로 국가 간 전쟁, 사회 구성원 간 분쟁의 원인이 되기도 하며 모든 산업의 생산재이자 경제 활동의 인프라
  - ◆ 지구 온난화 및 기후 변화에 따른 환경재난 발생, 인구 증가 및 산업 활동 확대에 따른 수자원 부족 등으로 지구적 ‘물 위기’ 초래
    - 2002년, 유엔경제사회문화권익위원회에서 물 인권을 명시하고 2010년, 유엔인권 이사회에서 ‘안전한 물과 위생’ 등 물 인권을 결의
  - ◆ 세계적인 물 수요의 증가와 산업적 활용가치의 확장으로 반도체와 조선시장을 뛰어 넘는 미래의 블루골드(Blue gold)로 인식
    - 세계 물 시장은 2010년 기준 4,828억 달러이며 2025년까지 8,650억 달러 규모로 성장이 예상(GWI, Global Water Intelligence, 2011)
    - 호주, 북유럽, 중동 등의 국가에서는 물 가격이 기름 가격을 추월한지 오래이며 국내외 브랜드 생수 시장이 폭발적으로 성장
  - ◆ 수자원 인프라의 지속적 발전과 과학기술의 성숙에 따라 물에 대한 산업 기반적 인식이 에너지, 식량, 도시, 관광 등 산업의 성장 동력으로 재조명
    - 세계 인프라 시장예측 중 수자원 분야는 2010년에 576억 달러, 2020년 772억 달러, 2030년까지 1,037억 달러 전망(OECD, 2006)
    - 수자원 인프라는 2030년까지 전체 인프라 시장의 절반이상(57.7%)를 차지(도로 16.2%, 철도 3.2%, 통신 9.5%, 전력 13.4%)(OECD, 2006)
- ◆ 2000년 ‘제2차 세계 물 포럼’을 통해 ‘물 안보’ 개념이 확산되고, 물 부족과 수자원 불균형의 문제를 극복하기 위해 일정 수준의 물 확보를 권고



- ◆ 우리나라도 기후적 요인으로 인한 불규칙적 홍수와 가뭄 등 자연재해가 증가
  - 우리나라의 피해 증가가 예상되며 강수량은 2050년 17% 증가, 홍수피해는 2080년까지 3배 증가(기후변화 적응 물관리 정책/이병국, 2011)
  - 환경과 경제성장의 통합을 위한 물 관리 패러다임으로의 전환과 경제적 효율성 및 환경의 지속가능성 고려가 필요
- ◆ 삶의 질 측면에서 양적, 질적 물 이용권을 보장하는 ‘형평성’ 추구와 물 수요관리 및 오염 배출량 감축이 우선
  - 물의 인간 생존 및 생활 영향성을 고려해 사회, 경제, 정치, 문화, 환경, 건설, 교통, 과학 기술 등 다양한 이해관계와 법제도가 존재
  - 기존의 다양한 법률과 행정 체제를 통해 물 관리의 효율화 정책이 추진되고 있으나 새로운 성장동력으로의 산업적 활용전략이 미흡

◆ **우리사회는 IT 인프라, 과학기술을 통해 산업 및 사회 구성 간 연결성이 강화되고, 새로운 융합 시스템과 혁신 서비스가 창출되는 스마트 시대를 지향**

- ◆ 주요 선진국은 물의 가치를 산업적 가치로 확장하고 다양한 와해성(Disruptive) 기술을 통한 통합관리 혁신과 스마트 워터 생태계 조성에 주력
  - 지구적 물 부족, 화석연료 고갈, 인구의 도시 집중, 식량 생산성의 저하, 생활 만족도 감소 등의 문제를 산업 성장의 기회로 주목
  - 미국은 범부처가 공유하는 수자원 정보 지능형 집적 시스템을 구축하고, 영국과 일본은 오염방지 및 수질개선, 호주는 ‘스마트 워터 챌린지’ 추진
- ◆ 우리나라는 다원적 법령 및 제도체계를 고려한 재난, 안보, 환경 정책 간 협력체계와 산업관점의 논리적 통합 관리와 핵심기술 확보전략 수립이 우선

◆ **이에, 본 이슈페이퍼에서는 스마트 시대의 물 산업 생태계를 조망하고, 기술적 시사점을 도출함으로써 향후 연구개발 정책의 질적 향상을 도모하고자 함**

- ◆ 환경변화와 물 패러다임의 고찰과 스마트 시대의 물 산업 생태계 조망
- ◆ 수자원 통합관리 혁신시스템의 이해와 분석을 통한 시사점 도출



## II . 환경변화와 물 패러다임

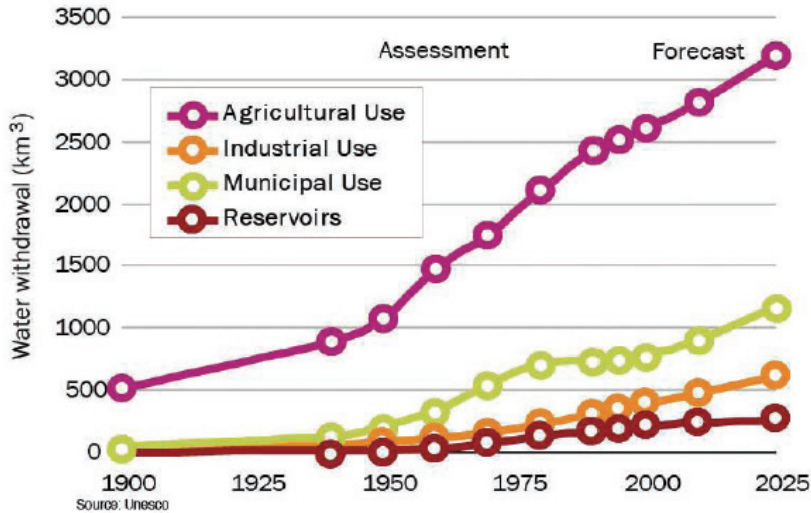
### 1. 글로벌 환경 변화와 물 위기

#### ◆ 삶의 질을 좌우하는 한편, 새로운 성장 동력 산업으로 인식

- ◆ ‘물’은 인류 역사에서 가장 가치 있는 자원으로, 국가 간 전쟁과 사회 구성원 간 분쟁의 원인이 되기도 하며 모든 산업의 생산재이자 경제 활동의 인프라
- ◆ 지구 온난화 및 기후 변화에 따른 환경 재난 발생, 인구 증가 및 산업 활동 확대에 따른 수자원 부족 등 지구적 물 위기를 초래
  - 1980년부터 2006년까지 홍수빈도 3배 이상, 태풍 빈도 2배 이상 증가(물 위험 및 리스크관리국제센터, 2009)
  - 2050년까지 세계경제 규모 4배 성장, 인구 20억명 증가, 생산 4배, 발전 1.4배, 가정용 1.3배 등으로 물 수요가 50% 증가(OECD, 2012)
- ◆ 물 수요는 매년 전 세계적으로 증가하고 있으며, 이에 해수 담수화 기술, 하·폐수 재이용 기술 등 수자원 활용을 위한 연구개발이 활발
  - 전세계 925개의 주요 하천에 대한 흐름을 분석한 결과 태평양으로 유입되는 하천은 매년 6%씩 감소(미국 국립 기후조사연구원, 2010)
  - 수자원 확보문제를 떠나 체계적인 유지관리 시스템 부재로 수자원의 활용도를 향상시킬 수 있는 새로운 개념의 기술개발에 집중

[표 1] 물 관리의 쟁점과 목표

구 분	1970년대	1980년대	1990년대	2000년대
쟁점	수 질	환 경	물 위기	물 안보
목표	깨끗한 물	지속가능 개발	통합 물 관리	



[그림 1] 전 세계적인 물 사용량의 변화(출처:GWI, 2011)

- ◆ 세계적인 물 수요의 증가와 산업적 활용가치의 확장으로 반도체와 조선시장을 뛰어 넘는 미래의 블루골드(Blue gold)로 인식
  - 세계 물 시장은 2010년 기준 4,828억 달러이며 2025년까지 8,650억 달러 규모로 성장이 예상(GWI, Global Water Intelligence, 2011)
  - 대부분 국가의 상하수도 운영 시장은 공공 부문이 주도하고 민간 기업의 점유율은 약 11% 수준(Pinsent Masons, 2013)
- ◆ 호주, 북유럽, 중동 등의 국가에서는 물 가격이 기름 가격을 추월한지 오래이며 국내의 브랜드 생수 시장이 폭발적으로 성장
  - 생산량 대비 석유와 물 산업의 비교에 있어 2007년을 제외하고 2005년 이후 물 산업이 석유 산업 규모를 추월(세계 물산업동향, 2012)
- ◆ 수자원 인프라의 지속적 발전과 과학기술의 성숙에 따라 물에 대한 산업 기반적 인식이 에너지, 식량, 도시, 관광 등 산업의 성장 동력으로 재조명
  - 세계 인프라 시장예측 중 수자원 분야는 2010년에 576억 달러, 2020년 772억 달러, 2030년까지 1,037억 달러 전망(OECD, 2006)



- 수자원 인프라는 2030년까지 전체 인프라 시장의 절반이상(57.7%)을 차지(도로 16.2%, 철도 3.2%, 통신 9.5%, 전력 13.4%)(OECD, 2006)
- ◆ 세계 물 시장은 연평균 4.9% 성장이 예상되며 서비스 및 기술 집약적 부문이 가장 높은 시장 규모 및 성장률이 예상
  - 세계 물 시장 규모인 4,239억 달러 중 서비스 46.4%(설계, 운영, 관리), 제조 39.1%(설비, 관망, 펌프, 밸브, 화학약품), 건설 14.6%(토목, 파이프 재생) 순으로 비중을 차지 (Global Water Market/2010, 생수시장 제외)
  - 세계 물 시장은 연평균 4.9%의 지속적 성장이 예상되며, 2025년 8,650억 달러로 전망(Global Water Market, 2011)
  - 2007년에서 2025년까지 세계 물 시장의 부문별 성장률은 재이용수 18.4%, 해수담수화 7.5%, 공업용수 및 공업하수 4.9%, 하수 4.8%, 상수 4.6% 순(Global Water Market, 2011)

[ 표 2 ] 세계 인프라 시장 규모

구 분	전 세 계			개발도상국 (비 OECD 국가)		
	2000 ~ 2010	2010 ~ 2020	2020 ~ 2030	2000 ~ 2010	2010 ~ 2020	2020 ~ 2030
도 로	220	245	292	61	78	114
철 도	49	54	58	18	19	25
통 신	654	646	171	249	304	89
전 력	127	180	241	90	118	154
<b>수자원</b>	<b>576</b>	<b>772</b>	<b>1,037</b>	<b>141</b>	<b>288</b>	<b>414</b>
합 계	1,626	1,897	1,799	559	807	796

자료: OECD (2006). "Infrastructure to 2030"의 데이터를 사용해 삼성경제연구소에서 산출

- ◆ 2000년 '제2차 세계 물 포럼' 을 통해 물 안보(Water Security) 개념이 확산되고, 물 부족과 수자원 불균형의 문제를 극복하기 위해 일정 수준의 물 확보를 권고
  - ◆ 2002년, 유엔경제사회문화권익위원회에서 '물 인권'을 명시하고 2010년, 유엔인권 이사회에서 '안전한 물과 위생' 등 물 인권을 결의



◆ 생존을 위한 물 수요 증가뿐 만 아니라 산업적 생산 활동을 위한 가상수(Virtual water) 수요도 급격히 증가

- 농림 및 제조업의 기준으로 생산량 대비 물 소비량은 맥주 1리터 당 296리터, 커피 1리터 당 1,056리터, 쌀 1kg 당 2497리터, 쇠고기 1kg 당 15,415리터(한국환경정책평가연구원, 2012)

- 지구적 기후 변화는 전 산업 분야에 영향을 미치며 물 순환 시스템의 변화에 따라 극심한 홍수 및 가뭄의 발생 빈도를 증가(유엔 정부간 기후변화위원회/IPCC, 2007)

## ◆ 기후변화에 의한 강우의 편중성 증가와 가용 수자원의 부족이 가장 큰 문제

◆ 인구증가와 도시화로 인한 물수요 증가는 현재의 물관리 시스템이 감당할 수 있는 범위를 넘어선 단계

- 이러한 물 수요와 공급의 불균형은 단지 수자원의 양적인 부족에만 기인하는 것이 아니라 기존 물 관리시설의 비효율성에도 상당한 원인

◆ 생산된 물의 상당한 양이 이송과정에서 손실되는 현상이 나타나고 있으며, 물의 생산과 공급에 과도한 에너지가 사용되는 경우도 빈번하게 발생

- 이러한 한계점들을 극복하고자 수자원 관리기술과 IT기술을 결합한 스마트 워터 그리드가 미국, 호주, 싱가포르 등의 국가를 중심으로 추진

## 2. | 우리나라 물 문제

### ◆ 기본적 물 관리 여건

◆ 우리나라는 UN에서 정한 물 부족 국가로 1인당 강수량이 세계평균의 10%에 불과하며, 산업의 지속 발전을 위해 안정적 물 공급이 요구

- 일부 지역에서는 물이 풍부한 지역과 부족한 지역의 격차와 시간적인 격차(갈수기 및 장마)가 발생하는 소위 “물 격차” 문제가 발생 예상



- ◆ 우리나라의 연평균 강수량은 1,277mm 정도로 세계의 연평균 강수량에 880mm에 비하여 많음
  - 그러나 지역별로 강수량의 차이가 커서 많은 곳은 1,800mm를 넘지만 적은 곳은 700mm에도 못 미침
  - 연평균 강수량은 세계평균의 1.6배이나, 1인당 강수총량은 세계평균의 1/6로 가용수자원이 적은 물 스트레스 국가로 분류됨<sup>1)</sup>

[표 3] 우리나라와 세계의 수자원 현황 비교

구분	대한민국	세계평균	비교
연강수량	1,277 mm	880 mm	1.6 배
1인당 연강수 총량	2,629 m <sup>3</sup>	16,427 m <sup>3</sup>	1/6 배

- 연도별, 시기별 및 지역별 강수량의 편차가 커, 매년 가뭄과 홍수가 발생, 물 관리 여건이 매우 불리한 국가 중 하나
- 지역별로 차이가 있지만 대체로 강수량이 많은 해와 적은 해의 차이가 세 배에 이름
- ◆ 우리나라 내에서도 기후적 요인으로 인한 홍수와 가뭄 등 자연재해가 증가
  - 우리나라의 피해 증가가 예상되며 강수량은 2050년 17% 증가, 홍수피해는 2080년까지 3배 증가(기후변화 적응 물관리 정책/이병국, 2011)

[표 4] 우리나라의 수자원 불균형 현황

연도별 강수량	시기별 강수량	지역별 강수량
754(최저)~1,756(최고)mm	홍수기 3개월 5% 비홍수기 9개월 35%	남해안, 영동지역 1,400mm 이상 낙동강 중류지역 1,100mm 이하

1) 국토해양부 “수자원장기종합계획(2011~2020)” 보고서(2011) 인용



- ◆ IPCC의 4차 기후변화보고서에 따르면, 우리나라를 포함하여 지구온난화로 인한 강수량의 변동으로 홍수와 가뭄에 대한 취약성 증가 예상<sup>2)3)</sup>
  - 우리나라의 물 관리는 국토해양부(수량), 환경부(수질)로 이원화되어 있으며 물 관리체계에 따라 농림부, 지경부, 안행부 등으로 분리 운영
- ◆ 이에 최근 통합수자원관리(Integrated Water Resources Management, IWRM)로 불리는 유역통합관리체계 및 협력적 거버넌스 체계가 국제적으로 널리 받아들여지고 있음

[표 5] 물 관리 기능별 부처별 관련법 현황 및 시설물별 운영관리 주체(물과 창조경제, 2014)

구분	국토부	환경부	농림부	지경부	안행부
물확보	국토기본법 댐법, 지하수법	수도법	농어촌정비법	전원개발촉진법	소하천정비법 온천법
물보전	하천법 지하수법 공유수면관리법	환경정책기본법 하수도법 수계법 수질 및 수 생태계보전법	농어촌정비법		소하천정비법 자연재해대책법
물재해	하천법		농어업대책법		소하천정비법 자연재해대책법
지표수	하천법, 댐법, 공유수면관리법	수질 및 수생태계 보전법 내수면 어업법 수계법			소하천정비법
지하수	지하수법 주택건설촉진법				온천법 민방위기본법

2) IPCC, "climate and Water", IPCC Technical Report VI(2008)

3) IPCC, Climate Change 2007: Synthesis Report(2007)



### 3. 물 관리 패러다임의 변화

#### 물을 재난 예방, 안보, 산업 육성 등 포괄적 통합 관리 대상으로 인식

- ◆ 기후 변화와 재난 재해 증가, 가뭄과 홍수 등 경제사회적 위협, 안정적 생산 활동 보장, 물 산업의 지속 성장 등의 문제를 포괄적 물 관리로 대응
  - 수자원 관점에서 토양수분 손실량 증가, 농업용수 부족, 하천유량 변동에 따른 개발 및 운영의 불확실성이 지속적으로 증대
  - 자연자해 피해액이 2000년대 들어 1980년의 5.3배로 증가, 전국단위 극한가뭄이 14년에서 7년 주기 발생, 홍수와 가뭄 등 물재해 증가
- ◆ 향후 홍수량 20%, 가뭄기간 3.4배 증가 전망(기후변화 대응 재난관리 개선 종합대책/국무총리실, 2011)

#### 자원 측면의 물 관리

- ◆ 물 위기의 포괄적 대응을 위해 통합적 물 관리체계와 기술 대응이 필요
  - 현재 우리나라의 수자원량은 평상시 유출량 193억<sup>m</sup>, 홍수 시 유출량 560억<sup>m</sup>, 지하수 37억<sup>m</sup> 등 총 수자원량 333억<sup>m</sup> 이용
  - 지하수의 총 부존량은 1조 3,240억<sup>m</sup>이며 이용이 가능한 양은 1,170억<sup>m</sup>이나 대수층의 발달이 빈약하여 대규모 지하수 개발이 곤란
  - 지하수 채취 기술 등을 감안할 때 현재 이용되는 지하수는 37억<sup>m</sup>에 불과하여 향후 수자원 부족이 예상

[표 6] 수자원관리 패러다임의 변화 (물과 창조경제, 2014)

구분	현재	미래
해결 수단	부족한 물 직접 확보	물의 효율적 분배
주요 방법	기존 수원 및 용수 관리 대체수자원 확보 양적 확보, 시설 확장	확보된 용수의 효율적 분배 수요맞춤형용수 공급 활용효율 및 에너지 고려, 가동율 최적화



## ◆ 물 관리 패러다임 변화

- ◆ UN 물 회의를 통해 물 위기를 지구적 문제로 인식하고 각국은 사회경제적 국제협력과 산업적 육성방안 마련에 경주
  - 1977년 UN 차원에서 최초로 물만을 주제로 한 UN 물 회의가 아르헨티나 마르델플라타에서 개최(1967년 세계 물 평화회의, 1972년 UN 인간 환경회의)
  - 1981년에는 ‘국제 식수공급과 위생에 대한 10년 계획’을 수립하는 등 국제사회는 물 문제를 해결하기 위해 노력
  - 1992년 11월에 열린 제47차 UN총회에서 매년 3월 22일을 ‘세계 물의 날’로 제정 및 선포
- ◆ 1996년 세계 물 위원회가 국제 물 문제 연구과정에서 중심적 역할을 수행하고 각국의 대응방안 및 기술 협력을 추진
  - 2000년 새천년정상회의에서 새천년선언문을 채택하고 2015년까지 8개 항목의 새천년개발목표를 제시
  - 물 위기에 대한 국제적 차원의 공동 목표를 수립하고 다양한 협력활동 및 프로그램을 이행
- ◆ 1992년 국제 물 환경회의에서 더블린 4원칙을 채택하고 세계 물 포럼을 3년마다 개최(2015년 대구 개최 예정)

### 〈 더블린 4 원칙 〉

1. 담수는 생명유지, 개발, 환경에 필수적임, 그 양이 유한하고 오염에 취약한 자원임
2. 수자원의 개발과 관리는 모든 단계에서 사용자, 기획자, 정책결정자들이 함께 참여해야 한다는 물 거버넌스의 필요성에 대한 선언임
3. 여성들은 물의 공급과 관리, 보호에서 중심적인 역할을 한다는 젠더적 관점임
4. 물은 모든 경쟁적인 이용에서 경제적 가치를 가지고 있으며, 반드시 경제재로서 인식되어야함



### Ⅲ. 물 산업 정책 및 기술 동향

#### 1. 해외 정책 및 기술 동향

- ◆ 주요 선진국은 통합 물 관리를 통한 물 위기 대응 정책을 수립하고, 정보통신기반 스마트 구축과 핵심기술 확보를 위한 연구개발에 주력
  - ◇ 미국은 대표적 물 관리 기관인 미 개척국(USBR), 미 지질조사국(USGS), TVA(테네시 유역관리청)이 참여(SWG사업단, 2013)
    - 미 개척국에서는 WARSMP 모형을 이용해서 물 관리 시스템을 운영
    - MMS(modular Modeling System)를 이용하여 해당 유역의 지점별 유량을 산정
    - 지점별 유량 산정을 입력자료로 RiverWare에서 유역 내 저수지 등의 각종 시설물들을 시뮬레이션하여 실질적 유출량 제공
    - TVA(테네시 유역관리청)에서도 미 개척국과 유사한 방식을 적용하고 MMS 대신 WaterView 모형(저수지 운영모형은 RiverWare 이용)
  - ◇ 유럽에서는 WaterWare를 이용한 물 관리 시스템을 운영하고 장기적으로 WFD(Water Framework Directive)에 따른 관리 시스템을 구축
    - WaterWare는 수자원 관리를 위한 통합정보 의사결정시스템으로 분석을 위해 RRM(Rainfall Runoff Model), WRM(Water Resource Model) STREAM 등으로 구성
    - RRM은 WRM의 입력자료인 유출량을 산정
    - WRM은 RRM에서 산정한 유출량을 이용하여 수자원에 대한 모의시험을 실시
    - STREAM은 일별 수질계산 모형으로 WRM의 수문데이터를 처리해서 DO, BOD 등과 같은 수질 자료를 처리
  - ◇ 일본의 경우 하천 유역 종합 정보 시스템(Foundation of River & Basin Integrated Communication System ; FRICS) 운영



- 하천 유역내의 하천·지진 재해, 환경에 관한 정보를 최첨단 기술을 활용하여 과거, 현재, 미래의 정보를 종합적으로 제공
- 국토교통성 하천국, 기상청, 도도부현 등이 관할하는 다양한 자료(우량, 수위, 댐, 해안, 지진, 기온, 풍향, 풍속 등) 및 대량 정보 제공

### ◆ 주요 선진국과 물 산업계는 스마트 물 관리 체계로의 전환과 관련기술 확보를 위한 연구 개발에 집중

- ◆ 선진국은 도시집적화, 기후변화에 대응을 위한 ICT 인프라 활용 및 융합기술을 통해 스마트 분산형 물 관리 체계 구축을 경쟁적으로 추진
  - 연구개발의 목표는 물 관리의 안보화, 효율화 및 친환경화
  - 스마트 분산형물관리 기술은 도시기반 저영향개발 및 그린인프라 구축기술(우수), 스마트위터그리드 구축기술(상수), 그리고 통합수자원관리 적용기술(하천 및 유역)로 특성화
  - 기술의 고도화, 표준화 및 산업화를 위하여 실증이 가능한 실험 시설 및 실증시범 단지의 구축 및 운영
  - 이는 통합 물 관리체계 구축을 위해 총체적 계획, 설계, 건설, 운영 등 종합 솔루션 연구개발에 집중
- ◆ 도시 스마트 물 관리기술은 우수 관리적 측면에서 저영향개발 가법 및 그린인프라, 상수관리를 위한 스마트위터그리드로 구분
  - 지역 맞춤형 통합수자원관리로 정의하여 이들 기술 간의 유기적인 연계와 융합을 통한 도시의 건전한 물 순환 회복을 위한 정책 수행
  - 미국은 국가차원에서 수질·수량 통합관리기술을 개발 및 물 관련 계측기 분야 및 정보시스템분야에 연관산업 육성 및 시장 창출
  - 미국은 허드슨강 507Km 구간을 대상으로 첨단 센서 네트워크를 이용해 실시간으로 수량 및 수질 상태를 모니터링 할 수 있는 데이터 플랫폼을 개발하여 실제 적용 중
  - EU는 물 산업 관련 융복합 프로젝트로 물 관리 IT 기술 중심의 아쿠아 네트워크



### 프로젝트 추진

- 네덜란드는 빈번한 홍수의 시시각각 변화하는 범람상태를 모니터링하고 그에 따라 실시간으로 대응할 수 있는 현명한 제방(Smart Levee)을 건설하는 프로젝트를 IBM과 공동으로 진행

### ◆ 물의 복합성을 고려한 에너지, 식량, 도시재생 등과의 연관 연구와 상호보완성 확보를 위한 연구개발이 세계적으로 확산 (물과 창조경제 외, 2014)

- ◆ (물과 에너지) 화석 연료, 원자력 등의 에너지 생산 방식은 엄청난 양의 물을 소비하고 있어 물의 소비 효율화 기술이 필요
  - 화석 연료와 원자력, 셰일가스 등의 에너지 생산은 생산 공정 과정에서의 물 소비뿐만 아니라 하수 및 폐수처리에 막대한 비용이 소요
  - 화석 에너지원 등의 한계와 문제점을 극복하기 위해 수자원을 이용한 신재생 에너지의 생산기술과 상호 보완 및 효율화 연구가 확산
  - 상하수도 산업분야에 전세계 전력의 7%를 사용
  - 미국 전체의 경우 발전분야에 사용하기 위하여 취수되는 물의 양은 전체 취수량의 39%가 사용하고 캘리포니아의 경우 전체 전력의 19%,
  - 통합 물 관리체계를 통해 에너지 관리를 위한 물의 생산과 사용에 대해서도 양방향 실시간 관리에 의한 효율 향상이 가능하며 물의 생산과 수송 및 처리시설에 사용되는 에너지 사용량을 최소화
- ◆ (물과 식량) 기후 변화 및 인구 증가 등으로 지구적 식량 부족이 현실화되고 농업 및 축산, 식품 생산을 위한 수자원 관리의 변수 및 복잡성이 증가
  - 가상수 측정과 시뮬레이션, 관개 시설의 효율화 및 과학화, 수자원 활용 예측 등 식량 관점에서의 물 수자원 관리 연구 및 기술 확보 필요
- ◆ (물과 도시) 1950년 기준으로 세계 인구의 50%가 도시에 거주했으나 2050년에는 인구의 70%가 도시에 거주할 것으로 예상
  - 세계 10대 메가시티에 1억1천만 명이 거주하고 있으며 물 재이용 투자는 연간 17%씩



### 증가할 전망

- 대도시 내의 복잡한 물 관리 시설을 체계적이고 효율적으로 관리하기 위한 기술로 스마트 물 관리 시스템이 대두
- 도시 관점에서의 물은 거주자의 생존과 안전, 편의, 행복 등과 관련되며 물의 본질적 가치와 활용적 관계를 모두 포함
- 수도, 수변시설, 에너지 지원, 수자원 관리, 생산활동 기반 등 인프라 요소와 함께 수질, 생산성, 관리 비용 등 사회경제적 편익 요소 포함
- 도시 재생 관점에서의 통합 물 관리기술과 스마트 체계 구축을 위한 중장기적 연구 개발 계획이 필요

### ◆ 주요 선진국은 통합 물 관리시스템을 스마트 그리드 기술의 주요 적용 대상으로 설정하고 관련 연구개발 및 핵심기술 선점에 주력

- ◆ 미국은 관망 모니터링과 유지관리, 누수탐사 기술을 연구개발하여 전세계에 보급 (Smart Probe™ Technology, Smart Ball, XYZ Mapping 등)
  - 스마트그리드를 5개 영역(선진화된 전력망, 선진화된 센싱/계량/측정시스템, 통합된 통신 인프라, 고도화된 제어 시스템, 의사결정 지원 시스템)으로 구분하여 기술 개발
- ◆ 유럽은 범 유럽 연구개발 프로그램(FP7)에서 IT 기반 에너지 효율화 추진
  - 스웨덴의 경우 2.4GHz 대역의 AMI 솔루션을 사용해 예테보리 시 27만 2천 가구에 대한 전기 AMI 시스템 구축을 2009년에 성공
- ◆ 일본은 고효율 IT 기기 및 망, HEMS/BEMS 및 지역 EMS 등의 에너지 관리 기술 개발을 추진



## 2. 국내 정책 및 기술 동향

### ◆ 정부는 신 성장동력 기술전략에 스마트 상수도 분야 및 관련기술을 포함하여 2010년부터 연구개발 사업에 착수

◆ 스마트워터 그리드 원천기술을 확보와 기술 상용화, 해외진출을 위한 실증공간 확보 등 우선 목표로 수립

- 세계 물 시장의 확대와 국내 기업의 해외진출 및 수주실적이 증가함에 따라 관련 기술의 활용 및 협력 가능성이 증대

◆ 국내 물 관련기업의 경우 해외진출 경험 및 전문 인력이 부족하고, 외국 물 전문기업에 비해 자본 및 전문성이 상대적으로 취약

- 상수도 설계 및 시공 분야는 선진국과 경쟁 가능한 수준이나 지능형 물 생산 및 공급 시스템은 선진국 대비 기술 수준이 낮음

- 지자체와 공기업 위주의 물 운영 및 관리는 관련대학 및 기업의 참여를 어렵게 하며, 물 산업 생태계 조성에 한계점으로 지적

### ◆ 선진국과 동일한 통합 물 관리 정책을 추진하고 있으며 국정목표에 부합하는 스마트 분산형물관리 기술 개발에 주력

◆ 세부적으로 과학기술을 위한 창조산업의 육성, 물 관련 재난관리체계 강화, 환경과 조화되는 국토개발, 기후변화 적응을 세부 목표로 수립

◆ 현재 기술 기초기반 구축을 위한 건전한 도시 물 순환-저영향개발 기술, 스마트 워터 그리드 기발 및 통합수자원관리 기술 등의 기초연구가 분산되어 국내에서 진행 중<sup>4)</sup>

- 에코스마트 상수도 시스템 개발 사업단, '11~'16(6년), 849억원

- 차세대 지능형 상수관망 기술개발 사업단, '11.8~'16.4(5년), 250억원

- 기후변화 대응 하천운영 및 관리기술개발 연구단, '11.12~'16.5(4.5년), 294억원

4) 국토교통부, "해외건설 기술경쟁력 강화 연구개발사업", (2014)



- SMART WATER GRID 연구단, '12.7~'16.7(4년), 317억원

[표 7] 우리나라의 스마트 물 관리 관련 연구개발 과제 예시(KISEP/K2Base, 2014)

부처명	사업명	과제명
환경부	차세대지능형 상수관망기술개발	스마트 미터 및 센서 네트워크 기반 상수관망 운영관리 최적화
한국건설 기술연구원	한국건설기술연구원 연구운영비 지원	지능형 물 공급시설 건설기술 개발
환경부	차세대 에코이노베이션 사업	토탈솔루션 형태의 지능형 상수도 통합관리 시스템 설계/시공/운영 - 협동과제 10건
환경부	차세대 에코이노베이션 사업	소규모 상수시설 통합관리용 저전력 관역센서망 및 복합센서 모듈기술 개발
국토해양부	건설기술혁신사업	자립형 센서기반 지능형 환경관리 시스템
환경부	수처리선진화	급수설비의 안정성 확보 기술개발
환경부	국제공동연구사업	태국수질관리용 수질계측기(BOD, COD) 운영기술 개발
지식경제부	추가연구개발특구육성	광학식 DO, pH, 탁도 센서가 적용된 수질모니터링시스템 개발 수질계측센서의 성능분석 및 센서 융합기술에 관한 연구
건설교통부	NGIS 지원연구사업	- 지자체 지하시설물 DB 성과의 활용 확대 방안 연구(상수도 관망 및 누수관리를 중심으로)
건설교통부	건설기술 기반구축사업	- 국토 및 도시의 효율적 관리를 위한 광역공간정보 처리기술 연구
국토해양부	건설기술혁신사업	- Smart Water 그리드 맞춤형 ICT기반 물정보 관리 기술 개발
중소기업청	마을상수도 원격제어 통합 관리 시스템 개발	- 마을상수도 통합관리시스템의 개발
중소기업청	원격 상하수도 제어감시 시스템	- 원격 상하수도 제어 감시 시스템 개발
환경부	물환경 정책시스템구축	- 물환경 관리, 수질오염 예·경보시스템 외 3개 시스템 구축



### 3. 산업 동향 및 기술수준 비교

- ◆ 물 산업은 물 순환 전 과정을 포괄하며 유역종합개발까지 범위를 확대
  - 기후변화에 따른 인프라 투자 증가, 친수공간 개발 증가, 상하수도 광역화 및 통합화와 전문화 추세
  - 연평균 6.5% 성장(GWI)이 예상되고 플랜트, 화학, 소재 산업 등 관련 산업에도 상당한 파급 효과가 유발
  - 전기, 가스, 통신, 교통 등 다양한 공공서비스 분야와 접목하여 종합 서비스 산업으로 발전 추세
- ◆ 해수를 이용한 담수 생산은 중동 지역에서 식수공급을 위해 사용되어 왔으며 세계적으로 미래의 물 수요를 충족하기 위한 하나의 수단으로 인식
  - 세계 담수 생산 규모는 4,761만 m<sup>3</sup>/일의 62%인 2,950만 m<sup>3</sup>/일의 담수가 해수담수화로부터 생산되며 기수(19%), 폐수(5%) 순
  - 담수화 시장은 중동 걸프, 유럽, 아시아·태평양, 아메리카와 아프리카 등 세계 전 지역에 분포되며 물 순환 구조에 따라 관리 대응체계 차이
  - 생산 규모는 담수화에 가장 많이 의존하는 중동 및 걸프지역이 약 2,100만 m<sup>3</sup>/일로 전 세계 담수 생산 규모의 48%를 차지, 아메리카 지역(820만 m<sup>3</sup>/일, 19%), 유럽지역(600만 m<sup>3</sup>/일, 14%), 아시아 태평양 지역(620만 m<sup>3</sup>/일, 14%)와 아프리카 지역(280만 m<sup>3</sup>/일, 6%) 순

#### ◆ 한국의 기술수준은 최고국(미국) 대비 71.9% 수준<sup>5)</sup>

- ◆ 물 관리 인프라 및 기술수준 분석 결과는 수자원 시스템의 종합순위는 17위
  - 건설교통기술 분야 중 수자원 시스템 관련 자료를 조사한 결과, 수자원 시스템의 특허 및 논문 순위는 총 20개 분야 중 각각 14위와 19위
  - 수자원시스템기술 분야의 특허 및 논문 건수는 높지 않으나 특허출원 건수가 매년

5) 국토진흥원, “물 관리 연구사업 중장기 전략”, (2014)



약 400건씩 지속적으로 성장

◆ 논문의 경우 전체적으로 미국의 논문기술경쟁력이 가장 높으며, 중국과 미국은 논문 게재 활동이 가장 활발한 것으로 평가되고, 영국이 논문 영향력이 가장 높은 것으로 나타남<sup>6)</sup>

- 논문은 연평균 5.9% 증가율을 보이는 등 성장세를 나타내고 있으나 전문 인력이 부족하고 핵심 기술에 대한 연구개발이 미흡

[표 8] 국가별 논문 평가지표 현황 (SWG사업단, 2013)

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	프랑스	영국
논문활동도	0.09	0.09	0.22	0.27	0.11	0.11	0.11
논문집중도	1.08	0.91	1.06	0.96	1.04	1.09	0.91
논문영향력	1.18	0.93	1.32	0.65	0.89	0.89	1.37
종합점수	61.0%	16.4%	100%	59.3%	47.4%	55.7%	42.2%
순위	2	7	1	3	5	4	6

◆ 연도별 특허출원등록 현황을 분석한 결과, 특허건수는 1991년 122건에서 2010년 234건으로 약 2배 증가

- 2000년 이후 출원건수가 정체를 보이고 있어 스마트 워터 그리드기술에 대한 연구개발의 다양화가 부족

- 특허량은 수처리, 수자원 감시, 수질 관리, 재이용수 관련기술 순이며 수자원 공급 관련기술 분야가 낮은 특허량을 보임

◆ 전체적으로 일본의 특허기술 경쟁력이 가장 높은 것으로 나타나며 한국은 특허활동도·특허집중도에서 상위권이나 특허 경쟁력 및 특허영향력에서 크게 떨어져 전체적으로 세계 7위 수준<sup>7)</sup>

6) 국토교통부, “해외건설 기술경쟁력 강화 연구개발사업”, (2014)

7) 국토교통부, “해외건설 기술경쟁력 강화 연구개발사업”, (2014)



[표 9] 국가별 특허 평가지표 현황 (SWG사업단, 2013)

평가지표	한국	일본	미국	중국	독일	프랑스	영국
특허활동도	0.18	0.24	0.17	0.25	0.07	0.05	0.04
특허집중도	0.95	1.03	0.96	1.04	0.98	1.02	1.03
특허시장력	0.78	0.85	1.31	0.73	1.42	1.80	1.64
특허경쟁력	0.11	0.25	0.26	0.09	0.11	0.12	0.06
특허영향력	0.62	0.84	1.32	0.43	0.72	0.80	0.84
종합점수	38.0%	100%	95.9%	68.0%	48.8%	73.1%	65.5%
순위	7	1	2	4	6	3	5

◆ 우리나라는 통합 물 관리 테스트베드 부문의 경쟁력 확보에 있어 정보통신 인프라 및 관련기술을 활용한 하드웨어 및 소프트웨어 연구개발이 중요

- ◆ 전 세계적으로 초기단계의 기술인 이 분야에 집중적으로 투자할 경우 향후 세계 거대 기업과의 경쟁에서 우위 선점 가능
- ◆ 물 관리 기술에 IT, BT, NT, GT 등을 물 관리 기술 첨단화 및 수자원확보 다원화, 기후변화 대응 수재해 관리, 이치수 안전도 제고 등에 적용하는 것이 유리
  - 국내에서 간이 센서 형식의 연구가 일부 진행 중이나 실시간 모니터링 가능한 현장 적용형 센서 연구 부족
  - 센서로부터 얻어진 다양한 환경정보를 실시간 관리하는 지능형 시스템 운영체계 구축이 미비한 실정



## 4. 시장현황 및 전망

### ◆ 2018년 글로벌 물 시장 규모는 약 6,742억 달러에 달할 전망

- ◆ 스마트워터그리드에 의해 발생하는 신규시장 규모는 2015년에는 163억 달러, 스마트 워터미터는 186백만 달러로 성장 예상
- ◆ 2009년 스마트워터그리드 시장은 약 5.3억 달러 규모(Lux Research) 이며 2020년에는 163억불의 시장이 될 것으로 전망
- ◆ 고도 수처리 및 지능형 물 생산·공급시스템은 도입 시점이며 스마트워터그리드 시스템 시장의 지속성장 예상
  - 최근 IT를 통합수자원 관리에 활용하는 Smart River, Smart Grid기술의 등장으로 IT 기반 물 관리가 신전략사업으로 등장
  - 수요 맞춤형 물 공급, 시설물 운영의 최적화, 기존 수자원 관리시설 확충 등과 같은 선순환적 관리와 운영 최적화 중심으로 시장 개척

[표 10] 세계 물 시장 성장전망 (GWI, SWG사업단, 2013)

분 야	연 도	소재/부품/설계/건설	운영/관리 서비스	합 계
상수	2007	6.6	10.6	17.2
	2025	19.0	19.8	28.8
하수	2007	7.5	7.8	15.3
	2025	21.1	14.4	35.3
공업용수	2007	2.2	0.2	2.4
	2025	5.3	0.4	5.7
재이용수	2007	0.1	-	0.1
	2025	2.1	-	2.1
해수담수화	2007	0.5	0.7	1.2
	2025	1.0	3.4	4.4
합계	2007	16.9	19.3	36.2
	2025	48.5	38.0	86.5



- ◆ 기술의 융복합화로 인해 기존 단편적인 물 이용 및 관리 기술에서 벗어나 수질, 수량, 생태, 환경 등이 통합·관리되는 형태로 발전할 전망
  - 상하수도의 경우 수자원 확보, 설계, 시공, 운영관리, 하폐수 처리까지 전 과정의 시스템을 통합하는 토털 솔루션 체계로 전환
  - Veolia 등 세계적 물 기업들은 설계·건설·운영관리 및 파이낸싱 등 모든 분야에서 기술 우위 확보
  - 글로벌 물 기업은 자국에서의 오랜 상하수도 사업 운영 노하우를 기반으로 경쟁력 있는 분야에 역량을 집중하고 아웃소싱 등을 적극 활용
- ◆ 세계 물 산업의 대부분은 상하수도 시장이며 다국적 물 기업 중심으로 성장
  - 세계 주요 물 전문기업들은 상수원, 상수도, 하수도, 폐수처리 등을 통합하여 관리할 수 있는 역량을 갖추면서 경쟁력을 확보
  - 국제 간 기술경쟁이 과열되고 기존의 독과점 체제에 변화되면서 다국적 물 전문 기업의 시장 점유율이 하락 추세

### ◆ 우리나라의 물 시장 규모는 2023년까지 약 31조원에 이를 것으로 전망

- ◆ 2014년 기준 국내 물산업의 시장규모는 약 18조로 연평균 성장률(2013~2020) 6% 시, 10년 후 2033년 규모는 31조원 예상
  - 물 공급시설은 현재 10조원 규모에서 2015년에는 연간 24조원 규모로 성장할 것으로 추정
- ◆ 상하수도사업은 광역상수도, 지방상수도, 하수도 사업으로 분류
  - 164개의 지자체가 주체가 되어 상하수도 시설을 지속적으로 확충
  - 공공부문은 한국수자원공사, 한국환경공단, 서울시 상수도사업본부, 부산 시 상수도사업본부 등
  - 민간 부문은 코오롱 그룹, 삼성엔지니어링, 현대엔지니어링, 효성에바라, 태영건설, 한화건설 등이 주도



◆ 스마트그리드 IT관련 전체시장 규모는 2010년 336억 달러에서 연평균 약 16% 성장, 2020년에는 1,452억 달러 시장으로 성장 전망(Components and Trends Worldwide, 2009)

- 2015년도부터 2020년까지는 지경부(2009.6)의 자료를 이용하여 전력망 투자금액에 비례한 시장증가율 적용(2015~2019년:14%, 2020년: 13%)

[표 11] 스마트 그리드 세계시장 (CTW, 2009)

(단위 : 10억 달러)

년도	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
통신분야	13.5	17.0	20.5	23.9	27.4	31.2	35.6	40.5	46.2	52.7	59.5
Smart Meter	8.9	11.4	14.0	16.5	19.0	21.7	24.7	28.2	32.1	36.7	41.4
Smart Sensors	47.2	56.8	66.4	75.9	85.5	97.5	111.2	126.7	144.5	164.7	186.1
IT SW/HW	20.1	24.9	29.7	34.6	39.4	44.9	51.2	58.4	66.5	75.8	85.7
Total	9.7	110.1	130.5	151.0	171.4	195.4	222.6	253.8	289.3	329.9	372.7



[표 12] 스마트 그리드 시장규모 및 성장률 예측 (키움증권/2009, SWG사업단, 2013)  
(단위: 억원, 억달러)

구분		2015	2016	2017	2018	2019	CAGR	
국내	제품 A군	기존 스마트 그리드 (AMI/AMR포함)	6,376.5	6,298.4	6,123.6	5,832.0	5,400.0	-3.27
		SUN 대체	708.5	1,574.6	2,624.4	3,888.0	5,400.0	50.11
		소계	7,085.0	7,873.0	8,748.0	9,720.0	10,800.0	8.80
	제품 B군	ZigBee 홈네트워크제품	3,624.7	5,052.0	6,931.4	9,315.8	12,172.9	27.42
		SUN 대체	402.7	1,263.0	2,970.6	6,210.5	12,172.9	97.73
		소계	4,027.4	6,315.0	9,902.0	15,526.3	24,345.2	43.31
	계	기존기술	10,001	11,350	13,055	15,148	17,573	11.93
		SUN대체	1,111	2,838	5,595	10,099	17,573	73.7
	국외	제품 A군	기존 스마트 그리드 (AMI/AMR포함)	212.6	210.0	204.1	194.4	180.0
SUN 대체			23.6	52.5	87.5	129.6	180.0	50.11
소계			262.4	262.4	291.6	324.0	360.0	8.79
제품 B군		ZigBee 홈네트워크제품	22.7	31.7	43.5	58.4	76.3	27.42
		SUN 대체	2.5	7.9	18.6	38.9	76.3	97.73
		소계	25.2	39.6	62.1	97.3	152.6	43.31
계		기존기술	235.3	241.7	247.6	252.8	256.3	1.72
		SUN대체	26.1	60.4	106.1	168.5	256.3	57.91



## IV. 스마트 물 관리 생태계

### 1. 스마트 물 관리의 개념

#### ◆ 융합기술을 통한 물관리 기술의 혁신과 스마트화

- ◆ NT, BT, IT를 융합한 혁신적인 물 관리 기술이 발달함에 따라 물 산업구조 재편이 가속화
  - NT 기술을 이용한 분리막 기반의 수처리 기술 등이 분산형 수처리 시스템으로 진화를 가속화시킴
  - IT기술과 접목된 전력기술이라 할 수 있는 스마트 그리드 기술처럼 IT가 접목된 기술은 다양한 물 산업에서 다양한 제품과 서비스를 창출하여 물 산업구조를 크게 바꿀 것으로 예측
- ◆ 정보통신 기반의 스마트 기술이 인프라 및 SOC 분야에 접목되면서 기존의 기술에 효율을 크게 높여 주려고 새로운 기술 및 산업을 창출
  - 스마트 SOC라는 개념을 통해 정보통신 기반의 SOC가 기존 SOC의 효율을 20% 이상 높여줄 것(삼성경제연구소, 2012)



[그림 2] 스마트 워터그리드 연관산업과 기술연계성



◆ 물은 환경과 생태에 대한 적극적인 고려와 경제적인 효율성에 대한 검토, 그리고 효과적인 관리를 위한 제도 확립 등 복잡한 문제

- ◆ 물위기 및 물 안보 측면에서 물 문제 극복을 위한 새로운 패러다임으로 통합형 물 관리 시스템이 등장
- ◆ 스마트 물 관리 시스템은 깨끗한 물(수질)과 지속가능개발(환경)에 효율성·공평성·지속가능성이 강조된 통합 물 관리체계를 지향
  - 환경과 경제성장의 통합을 위한 물 관리 패러다임으로의 전환과 경제적 효율성 및 환경의 지속가능성을 동시에 고려
  - 소비자의 욕구가 개인화, 맞춤화, 삶의 질 추구로 진화함에 따라 물, 전기, SOC 등 모든 분야에서 스마트 시스템에 대한 수요는 지속적 증가
- ◆ 삶의 질 측면에서 양적, 질적 물 이용권을 보장하는 '형평성' 추구와 물 수요관리 및 오염 배출량 감축이 우선
- ◆ 기존의 다양한 법률과 행정 체제를 통해 물 관리의 효율화 정책이 추진되고 있으나 새로운 성장동력으로서의 산업적 활용전략이 미흡
  - 물은 인간의 생존과 생활에 직접적 영향을 미침으로 사회, 경제, 정치, 문화, 환경, 건설, 교통, 과학기술 등 다양한 이해관계와 법제도가 존재

[표 13] 스마트 물 관리의 특성

항 목	내 용
분산된 자원	- 우수, 지하수, 수처리수 등 다양한 수자원
측정기기	- 스마트 water meters & sensors
양방향 실시간 유통	- 다양한 에너지의 생산관리 vs 활용목적에 맞는 수량, 수질공급 - Water quality vs. 실시간 가격제
서비스 패러다임	- 다수의 원수공급자 사이에서 다양한 수원의 거래가능 - 용수공급의 생산소비정보를 최적화 및 통합관리



◆ 기후변화 및 물 위기에 대한 효과적 대응과 성장동력 발굴 관점에서 스마트 물 관리 시스템 구축과 핵심기술 등 새로운 생태계 조성이 중요

- ◆ 물은 유역단위 유기체로 통합적으로 연계성이 있게 관리되어야 하나, 지금까지 기능별·시설별, 개별적으로 계획·관리
  - 중복·과잉 투자 발생, 지류하천의 홍수피해 증가, 다목적댐 및 광역상수도 위주 물이용 부담금 부과 등 효율성 및 공평성 문제가 발생
  - 물 문제의 개별적 접근으로 인한 물 관련 갈등과 현안의 누적, 기후변화 등 불확실성 증대로 물 관리 리스크와 유역관리 비중이 증대

◆ 스마트 물 관리 체계와 요소 기술

- ◆ 스마트 기술의 개념은 정보통신 기술이 활용, 재생산되어 인류 삶의 질을 보다 향상시키는 시대로 정의
  - 타산업과의 융합은 물론, IT산업발전을 위한 총체적(holistic)접근이 요구하며 장기적인 관점에서 사회성과 등 미래 성과를 지향하는 특징

[ 표 14 ] 스마트 워터그리드 기술의 세부 범위

Water Cycle	범위 구분	내용
공급	수자원	- 수자원(자연형 : natural), 대체수자원(능동형 : manufacturing)
분배 관리	지능화	- 수자원의 지역적 불균형, 시간적 불균형을 해결하기 위한 실시간 물 정보 관리 기술 및 운영망 최적화 기술
수요	활용망	- 신도시, 물부족 지역 등 수요자 맞춤형 서비스
설계	테스트베드	- 테스트베드 구축을 위한 설계표준화 및 운영제안



- ◆ 통합형 물관리란 수량·수질·생태·문화 등 모든 요소를 고려하여 효율이 극대화되고 공평 및 지속가능토록 유역단위로 물을 관리하는 것으로 정의

[표 15] 통합 및 연계대상

기능적	수량 - 수질
공간적	상·하류 및 유역
운영적	관련 시설·주체간의 계획 - 자료 - 기술
기반적	법률 - 제도 - 거버넌스

- ◆ (SWG 상수관망) 실시간으로 모니터링과 함께 저전력, 자가진단, 세정기술 등을 포함하며 저가의 수질계측기 개발이 중요
  - 상수관망 계측을 통한 진단과 누수 감지, 가정용 스마트워터미터의 개선 등
- ◆ (정보통신) 센서 및 데이터 송수신, 감지 및 분석, 시각화 소프트웨어 등이 포함되며 실시간 보장을 위한 중계, 검증기술 등
  - 실시간적으로 전달하는 핵심 계측기기, 정보 수집 단말기기, 관독 기능, 데이터 및 계량기 표준기술 등
  - 지능화 네트워크 구성을 위해 소형화, 경량화, 저전력화, 저가격화 센서의 운영관리 소프트웨어, 수질 모니터링 시스템 등
- ◆ (센서) 실시간 모니터링 센서의 국산화, 테스트베드 및 현장 적용 센서, 센서 간 중계기 및 통합 센서 관리시스템
  - 수량, 수질, 분배, 조기 감지, 예측 등을 위한 기능성 센서, 실시간 모니터링용 수질 센서 기술 등
- ◆ (시뮬레이터) 위치 기반의 가시화 정보로 통합 물 관리 시스템의 운영현황 및 상황을 효과적으로 시각화하고 사전 예측하는 시스템
  - 이력정보관리, 외부정보 연계, 모바일 연계 등 다양한 콘텐츠와 기능으로 담당자의 유지관리업무 효율 증대



- 데이터 분석을 통한 다양한 분석결과를 통해 운영 및 관리 정책기준을 제시하고, 사전 예방 및 관리비용 절감 등에 활용

◆ 스마트 물 관리 체계에 있어 자원의 통합, 분배의 공평, 기능 간 연계 관점의 설계와 지원기술 확보가 중요

◆ 정보통신 기술의 발전 등 기존의 확보기술을 통해 기존의 물 관리 체계를 혁신하고 새로운 부가가치 창출을 위한 연구개발 전략이 중요

- 빅데이터 및 스마트 네트워크를 이용한 통합형 물 관리 시스템은 수자원 및 상하수도 관리의 효율성 제고
- 사물인터넷 등 정보통신 기술의 발전으로 저장 시스템이 저렴해지고, 많은 데이터를 빠르게 처리하는 것이 가능

◆ 빅데이터에 대한 많은 관심이 집중되고 있으며, 기존 수자원 관리 시스템의 한계성 극복 및 관리 효율성을 제고

- 수자원 관리, 물 생산 및 수송, 하수처리 및 재이용 등 수자원 전 분야에서 정보화 및 지능화를 구현
- 스마트 물 관리 기술은 물 공급 인프라에 대한 ICT, ET, NT 등 첨단 기술과 융합하여 발전

[표 16] 스마트 기술을 활용한 통합 물 관리의 효과와 제약 (SWG사업단, 2013)

효과	제약
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 주거형태 변화, 생활수준 고급화에 따른 양질의 수질 및 시설 유지관리 필요</li> <li>• 대체수자원확보기술에 있어 선진국 수준의 기술을 확보</li> <li>• 빗물, 해수 등의 다양한 수자원 확보가 가능한 지리적, 지역적 우위성, 물 산업 발전을 위한 정부 및 산업계의 강한 의지</li> <li>• IT 부분에서 운영결정지원 및 운영효율화에 역점</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대용량정수 공급으로 특정 Grid별 수자원 적용의 어려움과 공공운영으로 인한 수자원 관리/상하수도 관리 전문 기업의 기반이 미약</li> <li>• 협소한 배수관 및 이에 따른 유수율 등 관망 구축 및 관리의 비효율성</li> <li>• 다양한 상황에 대처가능한 의사결정모델 부재</li> <li>• 지능형 Water Grid 설계를 위한 표준프로토콜 및 Test Bed 맞춤형 인수도출모델 부재</li> <li>• SWG의 설계, 구축 및 운영 경험이 없음</li> <li>• 상대적으로 미약한 국내 시장</li> </ul>

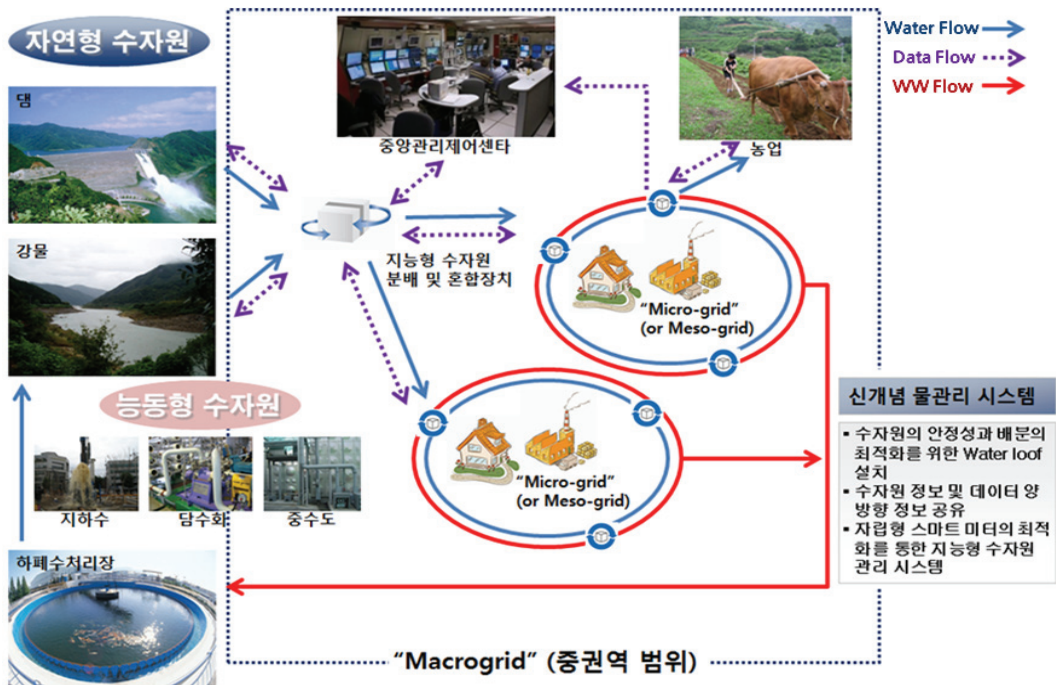


## 2. 스마트 물 관리 시스템

◆ 스마트 물 관리 시스템에는 기능, 자료, 기술, 시설, 복지, 제도, 거버넌스 등 7가지의 기본적인 구성

◆ 통합형 물 관리는 하나의 수단이며 시설과 복지는 통합형 물 관리를 위한 대책으로 판단, 제도 및 거버넌스는 통합형 물 관리 과정으로 분류

- 실측자료와 신기술은 통합형 물 관리 시스템 실현을 위한 가장 기본이 되는 요소
- 현장의 물 관리 상황에 대한 정보를 정확 · 신속하게 파악하고, 정보를 토대로 단 · 중 · 장기 미래를 정확 · 신속하게 예측하는 것이 핵심



자료출처 : Smart Water Grid 연구단(2013)

[그림 3] 스마트 워터그리드 모형 예시



◆ 스마트 물 관리 시스템은 메가시티, 물과 에너지 등 연관성 산업 및 기술 간의 연계와 상호보완성이 고려되어 새로운 시장을 형성

- ◆ 수자원 확보 및 수자원 격차 해소, 수질 및 물 공급 그리드 안정성 확보, 저에너지 고효율 지능형 유지관리의 3S(Security, Safety, Solution)가 목표
  - 통합 물 관리 구현 및 해외 물 시장 선점을 위해 용수공급, 배분, 관리 분야의 기술 확보에 주력
- ◆ 스마트 물 관리 시스템은 물의 생산과 처리효율 향상, 비용 및 에너지 절감 시설의 체계화, 예방적 수자원의 관리 및 지역 간 균형 등의 기능을 포함
  - 빅데이터는 수자원의 확보와 수송활용 등에 대한 모니터링과 분석, 물 관련 정보의 관리 효율적 활용을 위한 지식기반시스템, 복잡한 시스템의 효율적인 운영기술 등의 핵심기술로 활용



자료출처 : Smart Water Grid 연구단(2013)

[그림 4] 물 관리 스마트 시스템화 예시



## ◆ 선진국은 스마트 통합 물 관리 시스템의 구축 사례 및 차별화 기술을 확보

- ◆ (미국, IBM 지능화 프레임워크) 스마트워터그리드의 인프라가 ①시공간 데이터 확보 → ②분석(Insight 제공) → ③지혜롭고 분권적인 의사결정 지원시스템의 단계로 확장하는 전략을 수립
  - 물 관리의 지능화는 정보통신 기술을 기반으로 물 관리 운영 및 관리 효율화, 미래 대응 등 상위의 물 정책과 의사결정을 지원
- ◆ (일본, Hitachi 지능형 물 시스템) 기존의 장비산업 중심의 물 산업에서 비즈니스 솔루션을 제공하는 물 산업으로 이동하는 전략을 수립
  - 운영효율을 높이기 위해 물리적인 물 순환 시스템과 물 정보 시스템을 통합하는 구조 (Water Circulation System)
  - 핵심기술로 고도수처리기술, 해수담수화설비, 효율적 시스템 통합을 위한 IT기술 (모니터링, 시뮬레이션, 정보관리, 센싱)을 선정
  - TakaDu 플랫폼은 물리적 장치와 소프트웨어를 완전 분리한 범용성이 높은 물 관리 시스템을 구축하여 적용
- ◆ (EU, HarmoniCA) 1990년대에 통합하천유역계획을 위한 의사결정지원시스템인 Waterware가 개발
  - 유역 수자원관리를 지원하는 분석도구로 네덜란드의 물 관리기관인 RIZA를 중심으로 한 HarmoniCA(Harmonized modeling tool for Integrated Basin Management) 구축
  - 남부 유럽국가들의 Water Strategy Man Projects 등 통합 수자원 계획 및 관리를 지원하는 다양한 종류의 의사결정지원시스템 개발
- ◆ (호주, CRC(Cooperative Research Center)) 1991년도에 설립된 이래 공익을 위한 기술혁신과 상용화에 중점을 둔 범 국가적 수자원 기술개발을 주도
  - 소규모 수자원 환경 계측기술개발과 모형개발, 유역 단위의 대규모 모델링에 중점을 둔 8개 분야의 21개 연구사업 수행
  - 통합수자원관리의 의사결정을 지원하는 시스템 'IOOM' 개발



### 3. 주요 고려사항

◆ 우리나라의 그간 물 관리 정책은 수량-수질을 분리하여 추진됨에 따라, 기관별 소관 분야에 대해서만 필요한 물 관리기술을 개발 및 활용

◆ 유역단위 통합 물 관리에 대한 접근 및 적용성이 미흡한 실정

- 필요 및 목적에 따라 기관별(홍수통제소, K-water, 한수원, 농어촌공사 등)로 시스템을 개발 및 활용하고 있으며 유역단위 통합 물 관리 실현을 위한 표준모형이 부족
- 모형 · 알고리즘 · 매개변수의 차이에 따라 동일 입력자료 적용 시에도 모의결과가 상이함에 따라 표준화된 운영체계가 필요

◆ 물 관리 주체의 다원화 및 제도적 기반을 바탕으로 한 연계체계 미흡

[표 17] 기관별 주요 물 관리 기술 및 시스템 현황 (SWG사업단, 2013)

기관	기술분야	활용시스템
홍수통제소	하천 홍수예보	통합홍수예보시스템
	하천 용수공급	용수공급시스템(RWSS)
한 수 원	수력댐 운영	발전수계운영시스템(PAROS)
농어촌공사	농업용저수지 운영	농촌홍수관리시스템
환 경 부	수질예측	수질예보시스템
K-water	기상예측	강우예측시스템(PFS)
	실시간 자료관리	실시간수문정보시스템(H-DAPS)
	치 수	홍수분석시스템(FAS)
	수력발전	발전통합운영시스템(GIOS)
	수질예측	통합수질대응시스템(SURIAN)



◆ 최근 세계 물 관리 시장에서는 상수도 공급에서 하수처리까지 전 과정을 단일 업체에게 맡기는 사례가 증가

- ◆ 통합 물 관리 관점에서 설계, 시공, 운영 등의 일관성이 강조되면서 특정 국가 및 기업에게 일괄하여 통합 발주
  - 우리나라는 세계적인 수준의 건설 능력을 보유하고 있지만, 상수도와 하수도가 분리되어 있고 민간기업의 운영·관리 경험은 매우 취약
  - 통합솔루션에 대한 해외시장의 요구에 맞추기 위해서는 물 관리 사업 관련 민간기업과 관련 공공기관의 적극적인 협력체계 구축이 필수
- ◆ 경쟁력 제고를 위해 기존 물 관리 사업의 범위를 확장하여, ‘수량-수질-생태환경-친수-통합관리’의 연계 시스템 및 기술이 중요

◆ 기술개발과 관련하여, 우리나라의 현재 기술 수준은 최고기술선진국 대비 52% 정도이며, 기술 격차는 6.1년 정도로 평가

- ◆ IT 기반 에코스마트 상수도 시스템, 신소재 막모듈과 공정·운영, 역삼투압 해수담수화 등이 중점기술로 파악되며 제조기술, 해수담수화 플랜트, 정보통신 기술의 접목을 통한 솔루션 개발이 주요

◆ 물 생태계의 특성 상 사회, 경제, 산업적 연관성은 높으나 법제도, 행정적 측면에서의 통합은 어려운 실정이며 연구개발 및 기술 관점에서 연계

- ◆ 국내 물 관리 법률들을 물 확보, 물 보전, 물 재해, 지표수, 지하수 등으로 편의적으로 나뉘어 그 법의 집행 및 정책적 조율이 어려움
  - 부처 간에 물이용이나 보전 등을 둘러싼 분쟁이 발생 할 때에도 조정이 쉽지 않은 구조적 문제를 연구개발을 통한 기술 연계로 극복할 필요
- ◆ 기존 법제도 체계에서 물 관리 기본법을 중심으로 통합관리 시스템의 구축 전략을 수립하는 것이 용이
  - 15대 국회에서 ‘물 관리 기본법’ 제정 논의 시작



- 물의 성질 상 수자원의 수계별, 영향권별 통합적 관리의 필요성에 대해 지속적으로 검토
- 수자원관리법제는 지표수와 지하수가 상호 연결되어 있다는 점에서 지하수의 개발과 이용에 관한 법제 간의 정합성 검토가 중요
- 국토기본법이나 환경정책기본법 등에 의거하여 종합적인 국토계획들이 수립되어 개별적인 전문 계획들 간의 실질적인 연계성 강화가 필요
- ◆ 물 재해관리 측면에서 다원화되어 있는 법령 및 조직체계(국토해양부, 환경부, 수자원공사, 지방자치단체 등)에 따라 협의 및 대응 구조가 취약
  - 하천의 경우 국가하천, 지방1급, 지방2급, 소하천으로 분할하여 수량과 수질을 행정구역단위로 관리되며 하천 유수의 점용허가, 하천공사, 수질관리 등에 있어 수계별 상·하류 일괄관리가 곤란
- ◆ 연구개발의 경우 미래창조과학부에 일원화되어 추진되고 있으나, 다원화된 행정 체제로 인해 부처별 소규모 과제로 기술 개발이 추진



## V. 결론 및 시사점

### 1. 결론

기후변화에 따른 물 부족, 인구 증가 및 도시화 등으로 인한 ‘물의 위기’와 지속적 생산 활동과 물 산업의 성장은 ‘물의 가치’를 재조명하고 있으며 과학기술의 발전과 스마트 기술을 통한 통합 물 관리 시스템 및 관련기술의 확보가 시급

#### ❖ 지구 온난화, 기상 이변에 따른 세계적 물 부족과 수자원 불균형 가속화

##### ◆ 우리나라도 가뭄 및 홍수 빈도가 증가하고 국지적으로 환경변화가 발생

- 우리나라는 인구의 높은 도시 집중률, 물 소비가 높은 산업 활동, 다원적 물 관리 등으로 물 재해 및 수자원 부족 등 물 리스크가 높음
- 지속적인 정부 투자와 공공관리 정책을 유지하고 있으며 사회 간접적 인프라 중심의 사업으로 인해 투자 효율성 및 효과성은 정체

#### ❖ 지구적 물 부족 현상이 심화됨에 따라 물 가치가 지속적으로 증대되고 산업적 육성을 위한 선진국의 연구개발 투자와 구축 사업이 확대

##### ◆ 물 산업은 토목, 건설, 기계 등 인프라 특성에서 정보통신, 소재, 건설, 화학 등 과학 융합 및 기술 집약적 산업으로 전환

- 기존의 물 운영 및 관리 체계로는 기후 변화 및 물 부족 현상의 효과적 대응, 산업의 생산 활동 효율화, 생활 환경 개선 등에 한계

#### ❖ 미래의 물 관리는 기후, 환경, 산업, 기술 정책을 포괄한 통합 생태계를 고려해야 하며 에너지, 식량, 도시 재생 등 다원적 연계로 가치 확장이 필요

##### ◆ 통합, 공평, 효율적 생태계 조성을 위한 산업가치 연계와 부가가치 창출을 위한 기술수용 전략이 중요



물 관리 패러다임이 수자원 확보에서 효율적 분배로 전환됨에 따라 수요, 효율, 최적 관점에서 통합 관리 시스템을 혁신해야 하며 예측 기반 정책결정을 통한 운영 및 관리체계 고도화, 과학적 성과와 스마트 기술의 융합화, 연계 산업과의 시너지를 창출하는 지능화가 중요

### ◆ 선진국이 주도하는 물 산업 시장에서 우리나라는 지속적 공공정책 추진을 통해 자립적 수자원 체계를 유지하고 있으나 산업 가치 창출은 미흡

- ◆ 우리나라는 해양 담수화, 관수체계 분야에서 해외 수출 및 높은 자립도를 유지하고 있으나 차세대 물 관리 산업 및 기술 확보가 부족
  - 태국 대상의 원격 물 관리시스템 대규모 수출 가시화는 수자원 확보의 효율성 및 우수한 기술 수준으로 가능
  - 과거의 분산적 물 관리 체계가 물 순환 전반의 통합적 관리로 발전되고 선진국의 선제적 투자 및 기술 선점에 따라 기술 경쟁력 저하가 우려

### ◆ 선진국은 과학기술 융합과 정보통신 기반 스마트 물 관리 시스템을 본격화했으나 우리나라는 테스트베드 구축, 다부처의 소규모 기술 연구만을 추진

- ◆ 선진국은 스마트 물 관리 시스템 구축을 위한 공공사업과 민간 기업 주도의 솔루션 개발에 주력
  - 선제적 시스템의 실제적 운영관리와 효율성의 실정이 늦을 경우 부가가치 및 경쟁력 저하뿐만 아니라 산업 생태계 조성에 한계
  - 우리나라의 경우 기존 설비의 노후화, 지류하천 유량측정 부족, 통신망 이중화 부족 등 통합 물 관리를 위한 선결 과제가 다수 존재

### ◆ 물 관리 법제도가 다양한 부처, 지방행정 관리체제로 분산됨으로 통합 관리를 위한 법제도 보완과 함께 기술 중심의 논리적 연계와 통합이 중요



## 2. 시사점

주요 선진국은 물 위기 등을 고려해 기존의 물 관리 계획을 통합적 유역관리 체계로 전환하고, 산업적 생태계 육성 방안을 수립하는 한편, 기술 융합 및 연구개발 중심의 전략적 대안 프로그램을 추진함에 따라 우리나라도 기술 중심의 통합 관리 시스템 구축과 종합적 연구개발 계획 수립이 필요

- ◆ 수자원 부족 현상을 겪던 영국과 호주뿐만 아니라 미국에서도 통합 물 관리 계획을 수립하고 물의 순환과 흐름을 고려한 유역관리 체계구축을 추진

  - ◆ 미국은 주 정부차원의 통합 물 관리계획을 수립하였으며 영국은 국가 수자원 전략, 호주는 국가 물 안보 계획을 수립하여 추진
    - 우리나라는 물 관리 계획이 부처 및 지방행정으로 분산되어 추진됨으로 선진국에 비해 통합 물 관리체계 구축 및 운영이 상대적으로 불리
- ◆ 분산된 물 관리체계의 효율화, 물 산업 균형적 생태계 조성, 차세대 물 관리 시장의 선점을 위해서는 기술 중심의 통합 관리 시스템 구축이 중요

  - ◆ 물 확보, 물 보전, 물 재해 대응, 지표수 및 지하수 관리 등 기존의 기능적 관리 효율성 및 편의성을 유지하면서 새로운 통합 관리 구축계획이 필요
  - ◆ 수자원의 운영 및 시공, 관련 소재 및 시스템 산업을 고려한 새로운 물 산업 생태계의 조망과 함께 관련기업의 동반 성장을 위한 청사진이 시급
    - 선진국의 경우 스마트 통합 관리 시스템 구축을 위한 정부 투자가 가시화 되고 산학연의 연구개발 및 국가 간 기술 확보 경쟁이 본격화
- ◆ 우리나라의 경우 해양 담수화, 관수체계 등 일부 분야에서 자립도와 경쟁력이 인정되며 정보통신, 융합 등 와해성 기술을 활용한 스마트 물 관리 시스템 구축이 기술 선점 및 새로운 시장 선도에 유리



물의 가치는 인간의 생존 및 생활, 기업의 활동, 국가의 정책과 밀접히 연관되어 있어 산업적 생태계가 크고 기술 수용성이 높음으로 물리, 화학, 소재 등 기초과학의 활용 연구와 IT, BT, NT, CT 등 융합기술의 연구개발이 유망

### ◆ 물은 공간적 순환, 과학적 구조의 특성으로 사회, 경제, 문화, 산업과의 상호연관을 통해 거대 생태계를 조성하고 과학기술 수용성이 높은 산업

- ◆ 산업 생태계 육성과 지속 성장을 위해서는 중추기업(Keystone) 주도의 혁신 플랫폼 조성과 가치 공유가 가장 중요
  - 물 산업은 국가차원의 관리 대상으로 대부분의 국가가 공공주도 관리 정책을 추진하고 있으나 시장 및 기술 정책은 민간 중심으로 이동
- ◆ 물 산업은 인프라 구축기술 중심 시장에서 수자원 효율화, 수질 향상, 통합 관리, 산업 간 연계 등 응용·융합기술 중심 미래의 블루골드 시장으로 성장

### ◆ 물 안보, 재난 대응, 상업 활용 등 각국의 정책 우선 순위는 다르나 와해성 기술을 통한 혁신, 관리 효율화, 시장 육성 등 목표 및 전략은 동일

- ◆ 기존 물 산업은 수자원 확보, 유역 관제 등 인프라 관점의 점진적 혁신으로 성장했으나 물 위기 이후 와해성 기술 활용 및 총체적 혁신체제로 전환
  - 선진국은 물 산업을 성장동력 분야로 설정하고 선제적 투자를 통한 시스템 및 기술 확보, 시장 창출 및 주도 기업 중심의 생태계 조성에 주력
  - 우리나라는 정보통신 기술을 활용한 통합 물 관리 시스템 구축과 수자원 관리 효율화를 위한 기능·목적별 연구개발 과제를 다부처로 추진
- ◆ 세계 증발식 해수담수화 시장 1위인 국내 기업의 경우 수요 예측 및 환경적 특수성을 고려한 기술 확보 및 통합 시스템의 구축전략이 주요

### ◆ 세계 물 시장은 공공에서 민간으로 개방·확장되고 자본투입에서 기술융합으로 발전함에 따라 새로운 기술정책 및 통합적 연구개발 계획 마련이 시급



## 참 고 문 헌

- 민경진, 최계운 외(2012), 물과 창조경제
- 국토교통부(2014), 해외건설 기술경쟁력 강화 연구 개발사업
- 국무총리실(2011), 기후변화 대응 재난관리 개선 종합대책
- 국토해양부, 국가수자원관리종합정보시스템(WAMIS)
- 한국수자원학회(2010), 국가 미래 수자원전략(정책제안서)
- 국토해양부(2010), 기후변화 대응 미래 수자원 전략
- 국토해양부(2011), 수자원장기종합계획(2011~2020)
- 한국수자원공사(2014), 통합 물 관리(IWRM) 대토론회 발표자료
- 전승수 (2012), 미래인터넷의 이해와 중점기술에 대한 연구개발 방향, 한국정보처리학회지 제19권 제3호
- 국립환경과학원(2009), 기후변화대응물환경관리
- 국토해양부(2010), 기후변화대응미래수자원전략
- 국토해양부(2010), 수자원업무편람
- 권형준(2010), 기후변화에 대응한 국가 물 관리 역량강화 방안. 저널물경제정책
- 박대문(1996), 우리나라 물 관련 법제의 문제점과 그 방향. 환경법연구. 제18집
- 박동균·이행준(2010), 기후변화에 따른 물 부족문제의 위기관리방안, 한국위기관리논집 제6권 제2호
- 윤용남(2008), 통합수자원관리의 기본개념과 접근방법, 한국수자원학회지 제41권
- Thomas V. Cech(2004), Principle of Water Resources : History, Development, Management, and Policy, John Wiley & Sons, Inc
- Bencala & Dabelko(02008), Waterwars : Obscuring opportunities. Journal of International Affairs, Vol.61, No.2



IPCC(2007), Climate Change 2007 : Synthesis Report

IPCC(2008), Climate and Water. IPCC Technical Report VI

---

## 저자 소개

---

- 전 승 수 - 한국과학기술기획평가원 지식정보실
    - 전화 : 02-589-2974
    - e-mail : dabins@kistep.re.kr
  - 허 종 완 - 인천대학교 도시환경공학
    - 전화 : 032-835-8463
    - e-mail : jongp24@incheon.ac.kr
  - 손 흥 민 - 스마트워터그리드사업단
    - 전화 : 032-835-4754
    - e-mail : bluekaris@nate.com
- 

---

## KISTEP Issue Paper 2014-17

---

| 발 행 | 2014년 12월

| 발행인 | 박 영 아

| 발행처 | 한국과학기술기획평가원

서울시 서초구 양재동 275 동원산업빌딩 8~12층

전화 : 02) 589-2262 / 팩스 : 02) 589-2280

<http://www.kistep.re.kr>

| 인쇄처 | (주)비전테크시스템즈 [TEL : 02)3432-7132]

---

